

## KOMPARASI HASIL PEMERIKSAAN JANTUNG ANTARA PERANGKAT ECGs DAN ECGd MENGUNAKAN UJI MANN-WHITNEY

Sabar Setiawidayat

Program Studi Teknik Elektro - Universitas Widyagama Malang

Email: [sabarset@widayagama.ac.id](mailto:sabarset@widayagama.ac.id)

### ABSTRAK

Hasil pemeriksaan Jantung membutuhkan informasi yang cukup memadai untuk dapat menghasilkan diagnosis yang tepat. Electrocardiograph 12-lead hingga saat ini masih digunakan untuk pemeriksaan Jantung secara standard klinis. Perangkat ini banyak dipakai di rumah sakit, poliklinik maupun tempat praktek dokter karena penggunaannya yang non invasive (tanpa melukai tubuh). Kardiogram 12-lead dan beberapa nilai parameter ECG adalah hasil pemeriksaan yang dipresentasikan pada ecg paper. Keterbatasan informasi nilai-nilai parameter ECG ini dapat dihitung secara manual menggunakan kotak-kotak yang terdapat pada latar belakang ecg paper. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil pemeriksaan antara Electrocardiograph standard (ECGs) dan Electrocardiograph Discrete (ECGd). ECGs merupakan perangkat Electrocardiograph standard klinik yang umum digunakan sedangkan ECGd adalah perangkat Electrocardiograph 12-lead hasil rancangan penulis. Setiap pasien diperiksa selama 6 detik dengan kedua perangkat yang terpasang secara paralel. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa ECGs dan ECGd menghasilkan informasi masing-masing 52 dan 168. Uji normalitas empat informasi parameter ECG yang sama dari kedua perangkat dilakukan memakai Kolmogorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk. Hasil komparasi empat parameter tersebut menggunakan uji Mann-Whitney menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan pada  $\alpha=5\%$ .

**Kata kunci:** Mann-Whitney, komparasi, normalitas, parameter ECG

### ABSTRACT

Heart examination results require sufficient information to be able to produce the right diagnosis. The 12-lead electrocardiography is still used for cardiac examinations on a clinical basis. This device is widely used in hospitals, polyclinics and doctors' offices because of its use that is non-invasive (without injuring the body). A 12-lead cardiogram and some ECG parameter values are the results of the examination presented on the ECG paper. Information limitations on the values of ECG parameters can be calculated manually using the boxes contained in the background ECG paper. This study aims to compare the results of examinations between standard Electrocardiograph (ECGs) and Electrocardiograph Discrete (ECGd). ECGs are the standard clinical electrocardiograph devices that are commonly used while the ECGd is a 12-lead Electrocardiograph device designed by the author. Each patient was examined for 6 seconds with both devices installed in parallel. Inspection results showed that ECGs and ECGd produced 52 and 168 information, respectively. The normality test for the same four ECG parameter information from the two devices was carried out using Kolmogorov-Smirnov and Shapiro-Wilk. The results of the comparison of the four parameters using the Mann-Whitney test showed that there was no significant difference at  $\alpha=5\%$ .

**Keywords :** Mann-Whitney, comparison, normality, ECG parameters

## PENDAHULUAN

Biosinyal pada permukaan kulit tubuh merupakan beda potensial sebagai fungsi waktu dari sinyal kelistrikan Jantung. Sampainya sinyal Jantung pada permukaan kulit akibat adanya cairan tubuh sebagai konduktor penjaluran impuls dari otot-otot Jantung (Cameron and Skofronick, 1978). Pengamatan utama hasil pemeriksaan Jantung tertuju pada morfologi gelombang, nilai peak amplitudo, nilai durasi segment, nilai durasi interval pada tiap siklus serta heart rate (Guyton and Hall, 2006). Nilai peak amplitudo, durasi segment dan durasi interval merupakan presentasi nilai-nilai yang terdapat pada setiap siklus dari gelombang tersebut. Pemeriksaan Jantung non invasive secara standard klinis hingga saat ini masih menggunakan Electrocardiograph 12-lead (12 sadapan) (Foster, 2007). Hasil survey yang telah dilakukan peneliti terhadap Electrocardiograph standard klinis menunjukkan bahwa nilai-nilai yang seharusnya berjumlah 204 informasi hanya dipresentasikan 52 informasi. Atas dasar inilah maka keberadaan ecg paper masih diperlukan untuk perhitungan manual terhadap nilai-nilai yang belum diinformasikan. Perhitungan manual dilakukan untuk memperoleh nilai peak amplitudo dan nilai durasi pada tiap siklus yang tidak dipresentasikan. Nilai peak amplitudo yang dimaksud adalah peak P, peak Q, peak R, peak S, dan peak T, sedangkan nilai durasi terdiri dari nilai durasi segment (PR, ST), nilai durasi interval (PR, QT, QR, ST). Didapatkannya informasi hasil pemeriksaan yang lengkap dan cepat akan membantu pasien dalam memperoleh penegakan diagnosis yang cepat. Penegakan diagnosis yang cepat bertujuan untuk mencegah peningkatan stadium dan memungkinkan jiwa pasien dapat terselamatkan.

Pemrosesan sinyal hasil sadapan elektrode ada yang memakai perangkat analog dan ada yang memakai perangkat digital. Berbeda dengan perangkat analog yang menghasilkan presentasi morfologi gelombang saja, maka perangkat digital akan menghasilkan morfologi gelombang dan presentasi nilai-nilai parameter kardiogram dari gelombang tersebut. Ecg paper digunakan untuk merepresentasikan gelombang hasil pemeriksaan, baik dari perangkat analog maupun perangkat digital.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil pemeriksaan antara Electrocardiograph standard (ECGs) dan Electrocardiograph Discrete (ECGd). ECGs merupakan perangkat Electrocardiograph standard klinik yang umum digunakan sedangkan ECGd adalah perangkat Electrocardiograph 12-lead digital hasil rancangan peneliti. Setiap pasien diperiksa selama 6 detik dengan kedua perangkat yang terpasang secara paralel.

## Biosinyal Jantung

Terbentuknya gelombang merupakan gambaran amplitudo beda potensial (mV) sebagai fungsi waktu (t) yang merupakan manifestasi dari penjaluran Impuls pada otot-otot Jantung (Christe, 2009). Pancaran impuls dari Pacemaker yang bersifat otonomik dan periodik menimbulkan siklus-siklus yang didalamnya terdapat Potensial aksi (Chia, 2000),(Fabian and Base, 2010),(G. Webster, 2010). Potensial aksi merupakan peristiwa depolarisasi dan repolarisasi yang mengakibatkan terjadinya kontraksi dan relaksasi pada otot Atrium dan otot ventrikel (John, 2003),(Goldberger, 2006). Gambar 1 memperlihatkan penjaluran Impuls pada otot Jantung.

Picu Impuls berasal yang dari Pacemaker (SA node, AV node, Purkinje fibre) akan terpropagasikan ke otot Atrium dan otot ventricle secara *autonomic* dan *periodic*. Saat impuls melalui otot Atrium maka sel-sel otot yang semula berpolarisasi akan berdepolarisasi yaitu dari keadaan otot berelaksasi menjadi

Diagram illustrating a standard ECG tracing on a grid. The tracing shows a P wave, a QRS complex (labeled R and S), and a T wave. Key intervals and segments are labeled:

- P-R interval
- P-R segment
- QRS interval
- S-T interval
- Q-T interval

Calibration pulses are shown at the top right, indicating scales for 5 mm (0.2 sec) and 1 mm (0.1 mV). The grid lines are spaced at 1 mm (0.04 sec) and 5 mm (0.2 sec) horizontally, and 1 mm (0.1 mV) and 5 mm (0.5 mV) vertically.

ECGd

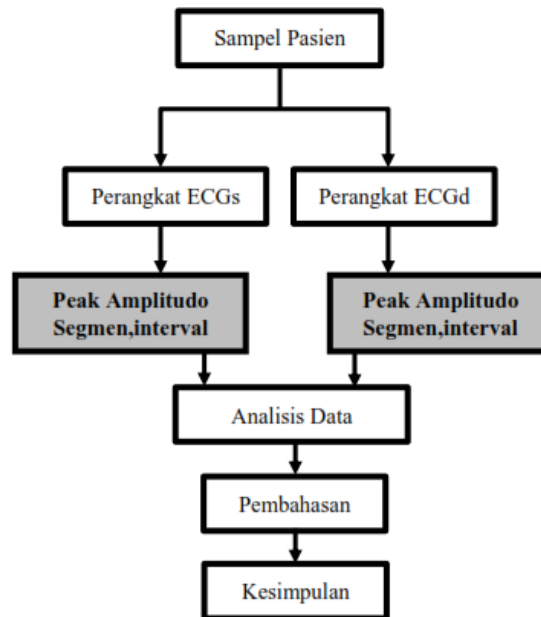
ECGs

219

Pada ECGd, biosinyal Jantung pada permukaan kulit disadap menggunakan elektrode sadapan dan ecg cables untuk dialirkan ke dalam hardware ECG (Stouffer, 2007),(Surda et al., 2007). Sinyal yang masuk hardware ECG akan di filter menggunakan Low pass filter (LPF) dan High pass filter (HPF) untuk menghindari sinyal frekuensi tinggi dan frekuensi rendah yang tidak diinginkan. Sinyal keluaran dari filter akan dikuatkan agar sesuai dengan kebutuhan microcontroller. Di dalam microcontroller, sinyal akan di sampling dengan frekuensi 250 Hz sehingga menjadi sinyal digital. Sinyal digital keluaran microcontroller dialirkan ke komputer melalui cable interface. Di dalam komputer terdapat database untuk menampung dan merekam data hasil setiap pemeriksaan dari setiap pasien. Perangkat lunak olah data dan olah grafik dalam komputer digunakan untuk menghasilkan informasi nilai-nilai parameter ECG dan merepresentasikan kardiogramnya.

## METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan 30 sample pasien yang berasal dari dosen, mahasiswa dan karyawan Universitas Widyagama Malang. Pengambilan data sample pemeriksaan dilakukan di ruang Fakultas Teknik Universitas Widyagama Malang pada bulan Nopember 2016 di dampingi oleh petugas medis dari Cardiovascular Care Unit (CVCU) Rumah sakit dr Saiful Anwar Malang. Gambar 4 menunjukkan blok diagram pengambilan sample data pasien.



Gambar 4. Blok diagram pengambilan data sample pasien

Gambar 4 menunjukkan bahwa setiap pasien diperiksa menggunakan perangkat ECGs dan ECGd yang terpasang secara paralel dengan durasi pemeriksaan yang sama. Keluaran hasil pemeriksaan yang terkait dengan informasi nilai parameter ECG yang sama diambil sebagai data sample untuk uji data. Syarat utama dalam uji komparasi yaitu bahwa sample data harus berdistribusi normal (Arvinti et al., 2010),(Bonjyotsna and Roy, 2014),(Ebrahimzadeh and Khazaee, 2011). Uji normalitas terhadap sample data keluaran dilakukan dengan analisis Kolmogorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk. Uji komparasi dilakukan menggunakan uji t sampel bebas (*independent sample t test*) Mann-Whitney.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengumpulan Data

Berdasarkan hasil pemeriksaan kedua perangkat selama 6 detik, nampak bahwa informasi data angka yang dibutuhkan dalam kotak sebanyak 204 informasi. Pada perangkat ECGs terisi 52 data ( $52/204=25.49\%$ ) dan perangkat ECGd berisi 168 data ( $168/204=82.35\%$ ) seperti ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Informasi parameter nilai angka hasil pemeriksaan

Info/Lead	I	II	III	aVR	aVL	aVF	V1	V2	V3	V4	V5	V6	Info/Lead	I	II	III	aVR	aVL	aVF	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Kardiogram	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Kardiogram	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Peak P													Peak P	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Peak Q													Peak Q	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Peak R	*											*	Peak R	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Peak S	*	*				*							Peak S	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Peak T													Peak T	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Seg.PRs													Seg.PRs	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Seg.STs													Seg.STs	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Int.PRI	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Int.PRI	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Int.QSi	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Int.QSi	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Int.STI													Int.STI	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Int.QTi													Int.QTi	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
HRs	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	HRs	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Tiap siklus													Tiap siklus	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Axis P		*											Axis P												
Axis QRS		*											Axis QRS												
Axis T		*											Axis T												

\*=ada nilai angkanya

ECGs

\*=ada nilai angkanya

ECGd

Berdasarkan hasil pemeriksaan maka terdapat empat variabel yang sama dari kedua perangkat, yaitu variabel durasi peak R to peak R (R-R), peak S lead V1 (SV1), peak R lead V5 dan heart rate (HR). Tabel 2 menunjukkan nilai-nilai variabel dari kedua perangkat sedangkan gambar 5 memperlihatkan pelaksanaan pengambilan data.

Tabel 2. Nilai-nilai variabel perangkat ECGs dan ECGd

NO	NOMOR SAMPEL	ECGs				ECGd			
		R-R (ms)	SV1 (mV)	RV5 (mV)	HR (bpm)	R-R (ms)	SV1 (mV)	RV5 (mV)	HR (bpm)
1	Sampel 1	902	0.87	2.53	66	896	0.9	2.44	62
2	Sampel 2	669	0.56	1.29	89	668	0.52	1.2	86
3	Sampel 3	727	0.6	1.67	82	732	0.66	1.6	78
4	Sampel 4	858	1.27	1.57	69	858	1.22	1.48	66
5	Sampel 5	747	0.38	1.39	80	750	0.34	1.5	76
6	Sampel 6	1242	0.6	2.6	48	1236	0.54	2.54	46
7	Sampel 7	1108	1.32	1.59	54	1100	1.38	1.68	52
8	Sampel 8	666	0.67	1.3	90	660	0.72	1.24	88
9	Sampel 9	1072	0.66	1.35	55	1065	0.6	1.28	52
10	Sampel 10	575	0.24	0.79	104	570	0.21	0.88	106
11	Sampel 11	846	0.55	1.88	70	856	0.58	1.82	68
12	Sampel 12	757	0.48	1.49	80	750	0.44	1.4	76
13	Sampel 13	1252	0.71	2.72	48	1246	0.64	2.64	46
14	Sampel 14	1118	1.42	1.69	54	1110	1.38	1.78	52
15	Sampel 15	676	0.77	1.43	90	670	0.72	1.34	88
16	Sampel 16	1082	0.76	1.45	55	1075	0.71	1.38	52
17	Sampel 17	585	0.34	0.89	104	580	0.31	0.88	106
18	Sampel 18	856	0.65	1.98	70	866	0.58	1.92	68
19	Sampel 19	912	0.97	2.63	69	906	0.95	2.54	72
20	Sampel 20	679	0.66	1.39	92	678	0.62	1.4	96
21	Sampel 21	737	0.72	1.77	85	742	0.66	1.7	98
22	Sampel 22	868	1.37	1.67	72	878	1.32	1.58	66
23	Sampel 23	757	0.48	1.49	82	750	0.44	1.6	76
24	Sampel 24	1252	0.71	2.7	52	1246	0.74	2.64	46
25	Sampel 25	1110	1.32	1.69	57	1108	1.38	1.58	52
26	Sampel 26	676	0.77	1.4	92	670	0.72	1.34	88
27	Sampel 27	1082	0.76	1.45	58	1075	0.74	1.38	52
28	Sampel 28	585	0.44	0.89	105	580	0.51	0.98	106
29	Sampel 29	856	0.65	1.98	74	856	0.58	1.92	68
30	Sampel 30	905	0.95	2.61	67	904	0.92	2.61	70



← - - - ECGs

← - - - ECGd

Gambar 5. Pelaksanaan pengambilan sample data pasien

### Analisis Data

Data-data dari tabel 2 dilakukan uji normalitas, yang hasilnya ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Uji Normalitas data ECGs dan ECGd

Variable	Alat	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		statistic	df	Sig.	statistic	df	Sig.
R-R (ms)	ECGs	.147	30	.096	.938	30	.080
	ECGd	.147	30	.097	.943	30	.108
SV1 (mV)	ECGs	.147	30	.097	.977	30	.750
	ECGd	.164	30	.038	.967	30	.463
RV5 (mV)	ECGs	.088	30	.200	.964	30	.397
	ECGd	.083	30	.200	.980	30	.821
HR (bpm)	ECGs	.124	30	.200	.945	30	.123
	ECGd	.105	30	.200	.947	30	.144

a. Lilliefors Significance Correction

\*. This is a lower bound of the true significance.

Berdasarkan tabel 3, karena data nilai SV1 pada ECGd tidak berdistribusi normal untuk *Kolmogorov-Smirnov* dan nilai sig *Shapiro-Wilk* lebih besar daripada nilai sig *Kolmogorov-Smirnov* maka uji Normalitas menggunakan *Shapiro-Wilk*. Hasil analisis uji Normalitas dengan *Shapiro-Wilk* ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji Normalitas memakai Shapiro-Wilk

Variabel	Alat Pemeriksaan	p-value	distribusi
R-R (ms)	ECGs	0.080	normal
	ECGd	0.108	normal
SV1 (mV)	ECGs	0.750	normal
	ECGd	0.463	normal
RV5 (mV)	ECGs	0.397	normal
	ECGd	0.821	normal
HR (bpm)	ECGs	0.123	normal
	ECGd	0.144	normal

Keterangan: Jika  $p\text{-value} < 0.05$  berarti data tidak terdistribusi normal dan jika  $p\text{-value} \geq 0.05$  berarti data terdistribusi normal.

Pada Tabel 4, berdasarkan hasil uji *Shapiro-Wilk* nampak bahwa data nilai R-R, SV1, RV5, dan HR untuk hasil pemeriksaan dengan menggunakan ECGs dan ECGd telah menunjukkan nilai  $p\text{-value}$  yang semuanya lebih besar dari taraf signifikansi  $\alpha = 0.05$ . Hal ini menunjukkan bahwa empat variabel data telah memenuhi uji prasyarat parametrik, yaitu data terbukti terdistribusi normal. Selanjutnya data telah siap dianalisis lebih lanjut dengan uji statistika parametrik guna membuktikan hipotesis penelitian yang telah diajukan. Pada hasil uji Komparasi kelompok hasil pemeriksaan dengan menggunakan ECGs dan ECGd dengan uji t sampel bebas (*independent sample t test*) *Mann-Whitney* ditunjukkan hasilnya seperti pada tabel 5.



Tabel 5. Hasil uji Komparasi data pemeriksaan ECGs dengan ECGd

Varlabel	n	Alat ECGs Rerata $\pm$ stan.dev	Kontrol pos (as.rkk) Rerata $\pm$ stan.dev	p-value
R-R (ms)	30	858.57 $\pm$ 188.56	856.03 $\pm$ 188.06	0.959 > $\alpha$
SV1 (mV)	30	0.7167 $\pm$ 0.24463	0.6963 $\pm$ 0.25098	0.752 > $\alpha$
RV5 (mV)	30	1.5620 $\pm$ 0.35388	1.5753 $\pm$ 0.36845	0.887 > $\alpha$
HR (bpm)	30	73.47 $\pm$ 16.652	75.27 $\pm$ 16.375	0.674 > $\alpha$

Keterangan: Jika  $p\text{-value} \leq 0.05$  berarti ada perbedaan yang bermakna dan jika  $p\text{-value} > 0.05$  berarti tidak ada perbedaan yang bermakna.

Pada Tabel 5, berdasarkan hasil uji t sampel bebas (*independent sample t test*) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang bermakna ( $p=0.959 > \alpha$ ) rerata R-R antara pemeriksaan dengan menggunakan ECGs (858.57 $\pm$ 188.56 ms) dan dengan pemeriksaan menggunakan ECGd (856.03 $\pm$ 188.06 ms). Berdasarkan nilai rerata R-R tampak pada kedua kelompok hasil pemeriksaan dengan menggunakan kedua alat tersebut menunjukkan nilai yang sangat mirip. Hal ini berarti bahwa alat ECGd menunjukkan hasil pengukuran R-R yang sama dengan hasil pengukuran dengan menggunakan alat ECGs. Rerata SV1 antara kelompok ECGs (0.7167 $\pm$ 0.24463 mV) dengan 0.752 >  $\alpha$  menunjukkan tidak ada perbedaan bermakna dengan ECGd (0.6963 $\pm$ 0.25098 mV). demikian pula halnya untuk RV5 dan HR memiliki nilai  $\alpha > 0.05$ , sehingga tidak ada perbedaan yang bermakna antara hasil pemeriksaan dengan perangkat ECGd dan perangkat ECGs.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji komparasi terhadap 4 variabel hasil pemeriksaan antara ECG diskrit (ECGd) dan ECG standard (ECGs) pada  $\alpha=0.05$  maka perangkat ECGd direkomendasikan dapat digunakan sebagai alat pemeriksaan kondisi Jantung. Secara umum tidak ada perbedaan nilai amplitudo P, Q, R, S dan T dalam 6 siklus pada setiap sadapan dari 12-lead, baik untuk kondisi Normal maupun untuk kondisi Abnormal yang menunjukkan memiliki morfologi yang sama dalam 6 siklus

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh dana dari Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia tahun anggaran 2019 untuk Hibah PTUPT

## REFERENSI

- Arvinti, B., Costache, M., Toader, D., Oltean, M., Isar, A., 2010. ECG statistical denoising in the wavelet domain, in: 2010 9th International Symposium on Electronics and Telecommunications. Presented at the 2010 9th International Symposium on Electronics and Telecommunications, pp. 307–310. <https://doi.org/10.1109/ISETC.2010.5679269>
- Bonjyotsna, A., Roy, S., 2014. Correlation of Drowsiness With Electrocardiogram a Review | Electrocardiography | Spectral Density [WWW Document]. Scribd. URL <https://www.scribd.com/document/283214838/Correlation-of-Drowsiness-With-Electrocardiogram-a-Review> (accessed 6.6.17).
- Cameron, J.R., Skofronick, J.G., 1978. Medical physics. Wiley.
- Chia, B., 2000. Cnical Electrocardiography, Third Edition. ed. World Scientific, New Jersey.
- Christe, B., 2009. Introduction to Biomedical Instrumentation. Cambridge University Press, Indianapolis.

- Ebrahimzadeh, A., Khazaei, A., 2011. Higher order statistics for automated classification of ECG beats, in: 2011 International Conference on Electrical and Control Engineering. Presented at the 2011 International Conference on Electrical and Control Engineering, IEEE Xplore, pp. 5952–5955. <https://doi.org/10.1109/ICECENG.2011.6057059>
- Fabian, J.T., Base, A.M., 2010. Biomedical Signal Analysis: Contemporary Methods and Applications. The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England, England.
- Foster, D.B., 2007. Twelve-Lead Electrocardiography, Second. ed. Springer-Verlag London, London.
- G. Webster, J.G., 2010. Medical Instrumentation, Application and Design, 4th ed. John Wiley & Sons, Inc, Pennsylvania.
- Goldberger, A.L., 2006. Clinical Electrocardiography, 7th ed. Mosby, Elsevier.
- Guyton, A.C., Hall, J.E., 2006. Textbook of Medical Physiology, 11th ed. Elsevier Saunders, Mississippi.
- Iaizzo, P.A., 2005. Handbook of Cardiac Anatomy, Physiology, and Devices, ANSI Z39.48-1984 (American National Standards Institute) Permanence of Paper for Printed Library Materials. ed. © 2005 Humana Press Inc., Totowa, New Jersey 07512.
- John, R.H., 2003. The ECG in Practice, Fourth Edition. ed. Churchill Livingstone An imprint of Elsevier Science Limited, Nottingham UK.
- Setiawidayat, S., Indra, M.R., Sargowo, D., Sakti, S., 2015. Determining the ECG 1 cycle Wave Using Discrete Data. . Vol. 8.
- Setiawidayat, S., Rahman, A.Y., 2018. New method for obtaining Peak Value R and the duration of each cycle of Electrocardiogram, in: 2018 International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology (SIET). Presented at the 2018 International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology (SIET), IEEE, Malang, Indonesia, pp. 77–81. <https://doi.org/10.1109/SIET.2018.8693151>
- Setiawidayat, S., Sargowo, D., Sakti, S.P., Andarini, S., 2016. The Peak of the PQRST and the Trajectory Path of Each Cycle of the ECG 12-Lead Wave. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science 4, 169–175.
- Stouffer, G.A., 2007. Practical ECG Interpretation Clues to Heart Disease in Young Adults, first. ed. Blackwell Publishing was acquired by John Wiley & Sons in February 2007. Blackwell's publishing program, University of North Carolina.
- Surda, J., Lovas, S., Pucik, J., Jus, M., 2007. Spectral Properties of ECG Signal, in: 2007 17th International Conference Radioelektronika. Presented at the 2007 17th International Conference Radioelektronika, pp. 1–5. <https://doi.org/10.1109/RADIOELEK.2007.371653>